
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2014/2015 Academic Session

December 2014 / January 2015

EBB 443/4 – Technical Ceramics [Seramik Teknikal]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains ELEVEN printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEBELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of SEVEN questions.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.]

Instruction: Answer FIVE questions. If a candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab LIMA soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

In the event of any discrepancies in the examination questions, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]

1. Figures 1 and 2 show the microstructural changes due to various amount of CeO_2 (from 0 to 15 wt.%) and CaCO_3 (from 0 to 13 wt.%) additions in ZTA ceramics, respectively. All samples were sintered at 1600°C for 4 hours in the air atmosphere. Based on these micrographs, evaluate the role of both CeO_2 and CaCO_3 for the improvement of ZTA ceramics properties. Explain clearly on how both additives behave during sintering process.

Rajah 1 dan Rajah 2 masing-masing menunjukkan perubahan mikrostruktur seramik ZTA akibat penambahan pelbagai jumlah CeO_2 (dari 0 ke 15 wt.%) dan CaCO_3 (dari 0 ke 13 wt.%). Semua sampel telah disinter pada 1600°C selama 4 jam pada atmosfera udara. Berdasarkan kepada mikrograf-mikrograf ini, lakukan penilaian berkaitan peranan kedua-dua CeO_2 dan CaCO_3 terhadap penambahbaikan sifat-sifat seramik ZTA. Huraikan dengan jelas bagaimanakah kelakuan kedua-dua bahan tambah ini semasa proses pensinteran berlangsung.

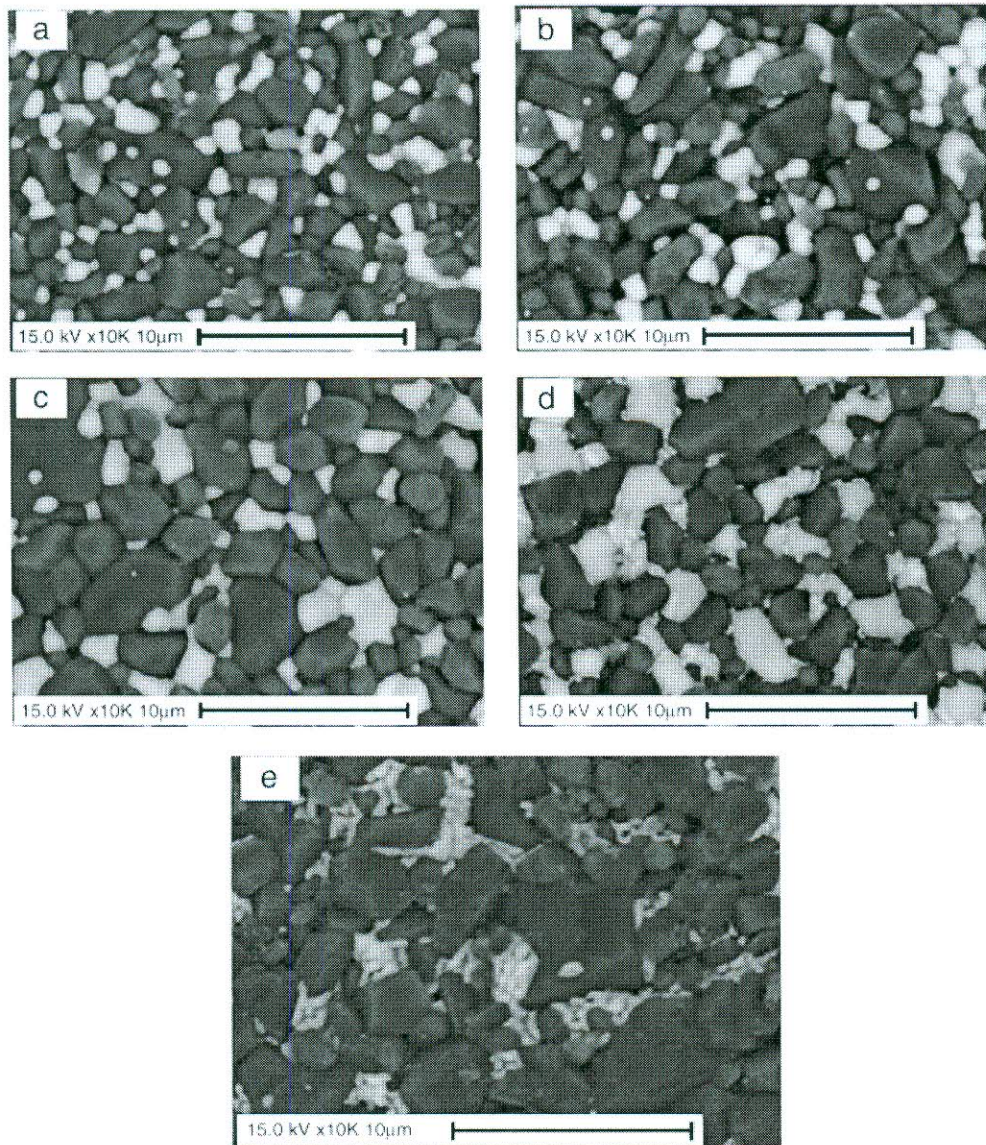


Figure 1. Scanning electron micrographs of ZTA ceramics with (a) 0 wt.% CeO_2 , (b) 1 wt.% CeO_2 , (c) 5 wt.% CeO_2 , (d) 10 wt.% CeO_2 , and (e) 15 wt.% CeO_2 .

Light grains: zirconia; dark grains: alumina

Rajah 1. Scanning electron micrographs of ZTA ceramics with (a) 0 wt.% CeO_2 , (b) 1 wt.% CeO_2 , (c) 5 wt.% CeO_2 , (d) 10 wt.% CeO_2 , and (e) 15 wt.% CeO_2 .

Light grains: zirconia; dark grains: alumina

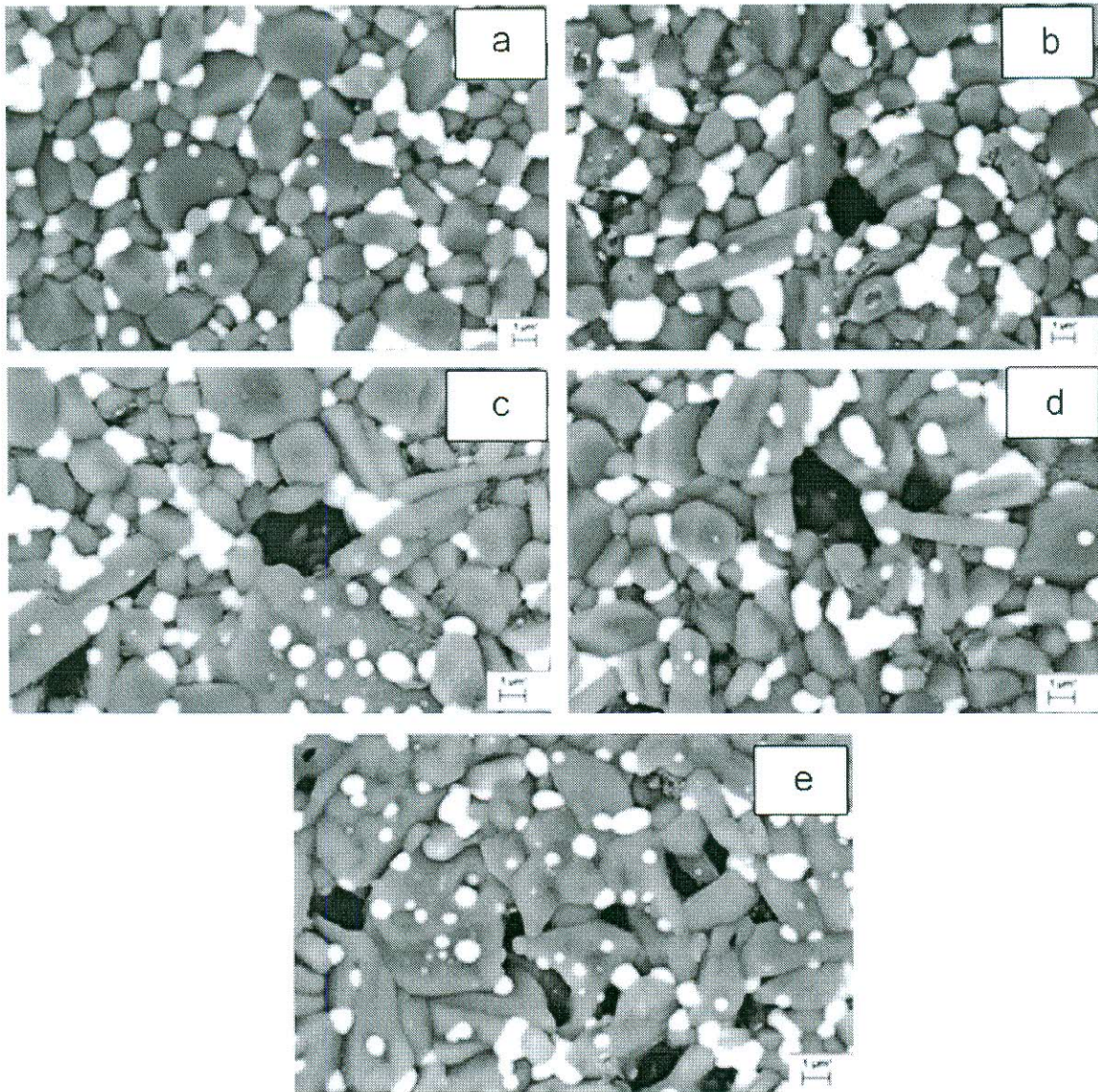


Figure 2. Scanning electron micrographs of ZTA ceramics with (a) 0 wt.% CaCO_3 , (b) 0.5 wt.% CaCO_3 , (c) 2.0 wt.% CaCO_3 , (d) 5.0 wt.% CaCO_3 , and (e) 13.0 wt.% CaCO_3 . Light grains: zirconia; dark grains: alumina

Rajah 2. Scanning electron micrographs of ZTA ceramics with (a) 0 wt.% CaCO_3 , (b) 0.5 wt.% CaCO_3 , (c) 2.0 wt.% CaCO_3 , (d) 5.0 wt.% CaCO_3 , and (e) 13.0 wt.% CaCO_3 . Light grains: zirconia; dark grains: alumina

(100 marks/markah)

2. Why ceramic refractory materials are known as “Materials used for lining hot enclosures in which **socially desirable reactions** are carried out, used to line furnaces and tanks for high-temperature production and heat treatment of metals, glasses and ceramics (including single crystals and cements)?”

Your answer must include the various types of refractory materials with their specific examples.

Mengapakah bahan refraktori seramik disebut sebagai “Bahan yang telah digunakan bagi pelapik bagi penutup panas yang mana “socially desirable reactions telah dijalankan, digunakan untuk lapik relau dan tangki bagi penghasilan pada suhu tinggi dan rawatan haba logam, kaca dan seramik (termasuk hablur tunggal dan simen)”?

Jawapan anda mestilah memasukkan berbagai jenis bahan refraktori berserta dengan contoh khusus masing-masing.

(100 marks/ markah)

3. [a] Discuss in detail the importance of Al_2O_3 to improve the quality and properties of fireclay refractory bricks. Please include the necessary phase diagram in your discussion.

Bincangkan dengan terperinci mengenai kepentingan Al_2O_3 untuk meningkatkan mutu dan sifat bata refraktori tanahliat bakar. Gunakan gambarajah fasa dalam perbincangan anda.

(50 marks/markah)

- [b] The objective of your final year research project is to produce Si_3N_4 rods with almost zero percent porosity. You have to request from the store all the necessary raw materials (you must specify the most important specifications). You must also identify the most suitable furnace and characterization facilities available in the school. With this very clear objective, explain in details (valid reasons), step-by-step, on how you will carry out your experimental works?

Objektif projek penyelidikan tahun akhir anda ialah untuk menghasilkan rod-rod Si_3N_4 yang mencapai peratus keliangan hampir sifar. Anda dikehendaki mendapatkan bahan mentah utama dari setor (anda mestilah menentukan spesifikasi terpentingnya). Anda juga mesti mengenalpasti relau yang paling sesuai dan kemudahan pencirian yang ada di pusat pengajian. Berdasarkan objektif yang jelas ini, huraikan dengan lanjut (alasan-alasan munasabah), langkah-demi-langkah, bagaimanakah anda akan melakukan kerja eksperimen anda?

(50 marks/markah)

4. [a] Fracture of brittle materials usually initiates from flaws which is in most ceramic products, the flaws are statistical in nature. Therefore, the strength of brittle materials was described by a probability function (statistics) namely Weibull statistics. Briefly describe on the theory developed by Weibull including its assumptions.

Patah bagi bahan-bahan rapuh selalunya bermula dari kecacatan yang mana dalam kebanyakan hasil seramik, semulajadi kecacatan adalah secara statistik. Oleh itu, kekuatan bahan rapuh dihuraikan melalui kebarangkalian fungsi (statistik) yang dinamakan Statistik Weibull. Huraikan dengan ringkas teori yang dibangunkan oleh Weibull termasuk andaian-andaianya.

(20 marks/markah)

- [b] Using appropriate diagrams, explain the toughening mechanisms below:-

- (i) Transformation toughening
- (ii) Micro-crack toughening
- (iii) Wake toughening

Menggunakan gambarajah yang bersesuaian, huraikan mekanisma-mekanisma penglihatan di bawah:

- (i) *Penglihatan penjelmaan*
- (ii) *Penglihatan retakan mikro*
- (iii) *Penglihatan keracak*

(60 marks/markah)

- [c] Even though the toughness of ceramic materials could be improved through ceramic matrix composite (CMC) approach, the development of CMC has lagged behind metal matrix composite (MMC) and polymer matrix composite (PMC). Justify your answer.

Walaupun kelihatan bahan seramik boleh ditingkatkan melalui kaedah komposit matriks seramik (CMC), pembangunan CMC adalah keterbelakang berbanding komposit matriks logam (MMC) dan komposit matriks polimer (PMC). Berikan kewajaran jawapan anda.

(20 marks/markah)

5. [a] Explain the clarification process involved in the production of alumina (Al_2O_3) through Bayer Process.

Huraikan tentang proses klasifikasi yang terlibat dalam penghasilan alumina (Al_2O_3) melalui Proses Bayer.

(20 marks/markah)

[b] One of the well-established covalent carbides is SiC which occur in two significant polymorphs; α and β . Explain in detail;

- (i) The properties of both polymorphs.
- (ii) The production of α -SiC through Archeson Method
- (iii) The production of β -SiC using carboreduction of silica and silicification of carbon

Satu dari karbida kovalen yang telah dikenali ialah silikon karbida (SiC) yang wujud dalam dua polimorf; α dan β . Huraikan dengan jelas;

- (i) Sifat-sifat bagi kedua-dua polimorf*
- (ii) Penghasilan α -SiC melalui kaedah Archeson*
- (iii) Penghasilan β -SiC menggunakan karboreduksi silika dan silisifikasi karbon*

(80 marks/markah)

6. [a] Describe the mechanism of dielectric breakdown.

Terangkan mekanisme kegagalan dielektik.

(30 marks/markah)

- [b] A parallel plate capacitor consists of metal sheets with area 2.75 m^2 separated by a barium titanate sheet with dielectric constant of 3750 and thickness of 0.002 mm. The maximum electric field across the calcium titanate is $50 \times 10^6 \text{ V/m}$. Please find the capacitance, maximum voltage and maximum energy that can be stored.

Kapasitor plat selari terdiri daripada kepingan logam dengan keluasan 2.75 m^2 dipisahkan oleh barium titanat dengan nilai pemalar dielektrik setinggi 3750 dan ketebalannya adalah 0.002 mm. Nilai medan elektrik maksimum melalui kalsium titanat adalah $50 \times 10^6 \text{ V/m}$. Kirakan kapasitans, voltan maksima dan tenaga maksima yang boleh disimpan.

(30 marks/markah)

- [c] What will be the limitation for the poling process in electroceramic materials? Draw the domain direction before and after poling process.

Apakah yang akan menghadkan proses poling dalam bahan elektroseramik? Lukiskan arah domain sebelum dan selepas proses poling.

(40 marks/markah)

7. [a] Illustrate and describe the structural phase transition from a high-temperature nonferroelectric (paraelectric) phase into a low-temperature ferroelectric phase for BaTiO_3 .

Lukis dan bincang perubahan struktur fasa daripada fasa bukan-feroelektrik suhu tinggi (paraelektrik) kepada fasa feroelektrik suhu rendah bagi BaTiO_3 .

(50 marks/markah)

- [b] Let say that you are a material engineer in one large electronic company. You are given one task to design a new capacitor that can be used at high temperature (around 150 °C). The capacitor must be very small in size. Suggest which type of electroceramic material and fabrication method you would use in your design. Justify your answer.

Katakan anda sekarang merupakan seorang jurutera bahan di sebuah kilang elektronik yang besar. Anda diberi satu tugas untuk merekabentuk kapasitor baru yang boleh digunakan pada suhu tinggi (sekitar 150 °C). Kapasitor tersebut harus sangat kecil saiznya. Cadangkan jenis bahan elektroseramik dan teknik fabrikasi yang manakah anda akan gunakan dalam rekabentuk anda. Hujahkan jawapan anda.

(50 marks/markah)